

# Caracterización Mecánica de la Madera de la Especie Eucaliptus Rostrata

**Resumen:** El Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601 incorpora en su Suplemento 1 valores de diseño de referencia para uso estructural de madera aserrada de tres especies cultivadas en nuestro país, dejando un vacío sobre muchas que pueden ser utilizadas con fines estructurales. Con el propósito de poder utilizar la madera de Eucaliptus Rostrata (Camaldulensis o Colorado), especie implantada proveniente del área central de la Provincia de Santa Fe, se realiza la caracterización mecánica utilizando secciones transversales tipo tabla, determinándose los valores característicos de Resistencia a Flexión, Módulo de Elasticidad Global y Densidad, de acuerdo a la Norma IRAM 9663, sobre una muestra de 50 tablas ensayadas a flexión.

**Palabras Claves:** Propiedades mecánicas; Eucaliptus Rostrata; Estructuras de mader.

**Abstract:** The Argentine Wood Structures Regulation CIRSOC 601 incorporates in its Supplement 1 reference design values for the structural use of sawn timber of three species cultivated in our country, leaving a void on many that can be used for structural purposes. In order to be able to use the wood of Eucaliptus Rostrata (Camaldulensis or Colorado), species implanted from the central area of the Province of Santa Fe, the mechanical characterization is performed using table-type cross-sections, determining the characteristic values of Resistance to Flexion, Modulus of Global Elasticity and Density, according to the IRAM Standard 9663, on a sample of 50 tables tested in flexion.

**Keywords:** Mechanical properties; Eucaliptus Rostrata; Wooden structures.

**Julietta Bolognese, Ana Rodríguez Vivanco**

Grupo de Investigación Maderas. Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional,  
Zeballos 1341, Rosario, Santa Fe, 0341 448-0102  
Mail: julibolognese@gmail.com - anittarv@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

Actualmente no existen en el país datos fidedignos respecto al comportamiento de los distintos elementos estructurales y de sus medios de unión con la especie *Eucaliptus Rostrata*. Se hace necesario una actualización de los datos disponibles para lograr una óptima utilización del material.

La especie *Eucaliptus camaldulensis*, conocida también por su nombre común como eucaliptus rostrata o eucaliptus colorado proviene de Australia, donde ocupa la mayor distribución del país. Dentro de los eucaliptos es la especie más cultivada en el mundo, en particular en Argentina, Israel, España, Italia y Marruecos. Por sus cualidades, su cultivo se ha extendido por casi todo el territorio argentino; principalmente en las provincias de Santa Fe, Buenos Aires, Entre Ríos, La Pampa, Córdoba, Salta, Jujuy y Santiago del Estero.

El Reglamento CIRSOC 601 contiene información sobre las características mecánicas de sólo cuatro especies utilizadas con fines estructurales en nuestro país. El mismo aclara la necesidad de que se vayan incorporando nuevas especies, a medida que se logren los avances necesarios para identificar valores de diseño de referencia de otras especies que también se emplean en nuestro país.

Al identificar las características mecánicas de la especie *Eucaliptus rostrata* según las normativas vigentes en nuestro país, se estará realizando un importante aporte a los profesionales y a la industria de la construcción, proveyendo de parámetros confiables para el diseño y cálculo de estructuras de madera. Se estará también colaborando en el crecimiento del Reglamento Argentino para el diseño, ejecución y cálculo de estructuras de madera.

Esta investigación acompaña al estudio de especies de maderas incorporadas en el reglamento CIRSOC

601, llevadas a cabo por las regionales de Venado Tuerto y Concepción del Uruguay sobre las especies pino taeda, pino elliotis, álamo pópulus deltoides y eucaliptus grandis.

## MATERIALES

Se estudiaron 50 probetas de *Eucaliptus Rostrata* proveniente del área central de la provincia de Santa Fe. Las mismas se acopiaron en el laboratorio de maderas de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario.

Las dimensiones de los cuerpos de prueba se ajustan a lo establecido por la norma IRAM 9663 para la determinación del módulo de elasticidad y la resistencia a flexión. Figura 1.

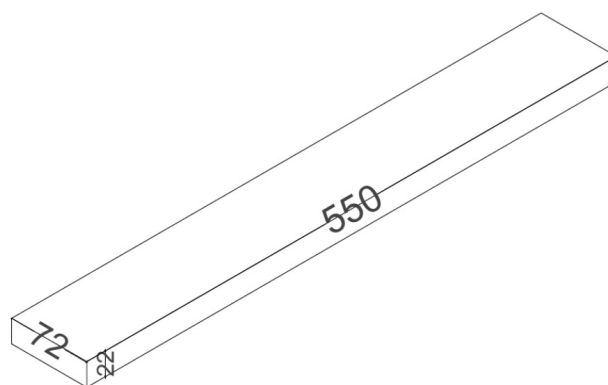


Fig. 1: Dimensiones probeta en mm.

## DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para los ensayos se utilizó una Máquina Universal de Ensayos adaptada para el esquema de cargas de acuerdo a la Norma IRAM 9663:2013 que se muestra en la Figura 2.

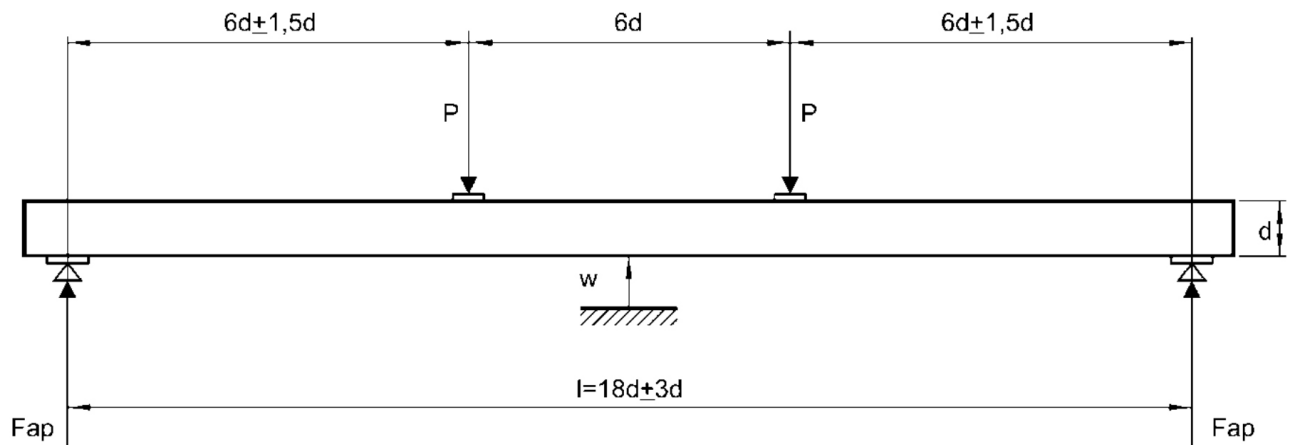


Fig. 2: Dispositivo de ensayo para la medición del módulo de elasticidad global en flexión.

Las cargas se registraron con una celda de carga de 10 toneladas de carga máxima, hasta el valor de rotura; las deformaciones se midieron con un flexímetro con una precisión de 0,01mm.

La determinación de la resistencia a la flexión axial se realizó con la expresión 1.

$$fm = \frac{3Fa}{bh^2}$$

Donde:

$fm$ : resistencia a la flexión, en Newton por milímetro cuadrado.

$F$ : carga, en Newton.

$a$ : distancia entre un punto de carga y el apoyo más próximo, en milímetros.

$b$ : anchura de la sección transversal, en milímetros.

$h$ : altura de la sección en los ensayos de flexión, en milímetros.

El módulo de elasticidad global en flexión se determinó con la expresión 2.

$$E_{m,g} = \frac{3a\ell^2 - 4a^3}{2bd^3 \left( 2 \frac{w_2 - w_1}{P_2 - P_1} \right)}$$

Donde:

$E_{m,g}$ : módulo de elasticidad global en flexión, en Newton por milímetro cuadrado.

Para el módulo de elasticidad se aplica una corrección del 1% por cada variación del 1% del contenido de humedad, siendo la humedad referencia del 12%, de acuerdo a lo establecido en la norma IRAM 9664:2013.

## DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD

Para la determinación del contenido de humedad se utilizó la norma IRAM 9532:1963 y para la determinación de la densidad se utilizaron las normas ISO 3130-3131.

Estas propiedades se determinaron sobre rebanadas adyacentes a la zona de rotura de las probetas. Posteriormente se pesó dicha rebanada, y se tomaron mediciones de las dimensiones con un microcomparador de 0,01mm de precisión para calcular el volumen.

Se secaron los nuevos cuerpos de prueba en un horno de secado Marca Bioelec Modelo RG41, a una temperatura constante de  $103 \pm 2$  °C durante 24 horas, posteriormente se mantuvieron en un desecador de laboratorio hasta que volvieron a ser pesadas.

Determinación del contenido de humedad:

$$H\% = \frac{Ph - Ps}{Ph} * 100$$

Dónde:

$Ps$  = peso seco de la muestra.

$Ph$  = peso húmedo de la muestra.

La humedad relativa de la madera en estudio, es del 12% en condiciones normales, por lo tanto es a la humedad a la que se van a ajustar las características mecánicas que lo requieran.

Para la determinación de la densidad, se utiliza la siguiente relación:

$$\rho = \frac{Ph}{V}$$

Dónde:

$Ph$  = peso seco de la muestra.

$V$  = volumen de la muestra

La densidad, así mismo, se corrige para la humedad relativa del 12%, disminuyendo un 0,5% por cada incremento del 1% del contenido de humedad relativa, y sumándole la misma cantidad en caso contrario.

## RESULTADOS

El análisis estadístico de los resultados experimentales se presenta en la Tabla 1.

| Parámetro              | $f_m$    | $E_m, g$ | $\delta$ |
|------------------------|----------|----------|----------|
|                        | $N/mm^2$ | $N/mm^2$ | $kg/m^2$ |
| <b>Valor Medio</b>     | 83       | 12034    | 676      |
| <b>Desvío Estándar</b> | 21       | 6338     | 113      |
| <b>COV%</b>            | 25       | 53       | 17       |
| <b>Mínimo</b>          | 40       | 5091     | 158      |
| <b>Máximo</b>          | 133      | 20039    | 816      |
| <b>Percentil 5%</b>    | 50       | 7076     | 511      |

Tabla 1: Valores estadísticos.

## DISCUSIÓN

Con respecto a los resultados obtenidos, no se han encontrado fuentes actualizadas y con referencia a ensayos para la comparación de las características mecánicas. Actualmente nos encontramos ensayando una nueva serie de probetas que constituyen un nuevo aporte a la investigación como así también una nueva fuente de consulta y comparación.

Previo a la realización de los ensayos fue realizada una clasificación visual de los cuerpos de prueba, que consiste en poder clasificar la madera por su aspecto, considerando su nudosidad, presencia de fisuras, inclinación del grano, presencia de médula, alabeos y ataques biológicos. Este estudio pretende elaborar un método que permita clasificar visualmente, referenciado con sus características mecánicas. Se estima que los coeficientes de variación elevados mejorarían al realizar una clasificación por clases resistentes.

El próximo objetivo es completar el estudio de las características mecánicas (resistencia a tracción y compresión) e incorporar una clasificación visual que permita predecir la respuesta estructural de piezas de madera aserrada de la especie eucaliptus camaldulensis.

Se incorpora a continuación una tabla comparativa (Tabla 2) con los valores obtenidos de la revista Formas para la construcción y la publicación de I Jornadas Forestales de Santiago del Estero. Se comparan con los percentiles del 5%.

Se comparan también los resultados de los ensayos con los valores de diseño de referencia de la especie Eucaliptus Grandis incorporados recientemente en el Reglamento CIRSOC 601. Se afectó la resistencia a flexión de un coeficiente de seguridad "2" y de un coeficiente por duración de carga de "1,6"; al módulo de elasticidad se lo afectó de un coeficiente de 0,86 para ajustar el valor a la humedad de referencia del 19%. Los coeficientes aplicados son para ajustar los valores de las condiciones de ensayo a las condiciones de referencias adoptadas por el CIRSOC 601.

|  | Formas para la construcción (1983) | I Jornadas Forestales de Santiago del Estero | Grupo de Investigación UTN FRRo |
|--|------------------------------------|--|---------------------------------|
| Resistencia a flexión (N/mm <sup>2</sup> ) | 112,7                              | 112,7  | 50                              |
| Módulo de Elasticidad (N/mm <sup>2</sup> ) | 9956,8                             | 9898   | 7076                            |
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> )              | 830                                | 830  | 511                             |

Tabla 2: Comparación de las propiedades resistentes del Eucaliptus Rostrata con los valores de referencia consultados.

|                            | Eucaliptus Rostrata | CIRSOC 601 Eucaliptus Grandis CLASE 1 | CIRSOC 601 Eucaliptus Grandis CLASE 2 |
|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| fm (N/mm <sup>2</sup> )    | 16                  | 9,4                                   | 7,5                                   |
| E (N/mm <sup>2</sup> )     | 10349               | 12000                                 | 10800                                 |
| E0,05 (N/mm <sup>2</sup> ) | 6085                | 8100                                  | 7200                                  |
| Emin (N/mm <sup>2</sup> )  | 4378                | 5100                                  | 4600                                  |
| δ (kg/m <sup>3</sup> )     | 511                 | 430                                   | 430                                   |

Tabla 3: Comparación de las propiedades resistentes del Eucaliptus Rostrata con los valores de la especie Eucaliptus Grandis presentados en el CIRSOC 601.

## CONCLUSIONES

Los valores obtenidos en los ensayos realizados en la investigación presentan valores inferiores para la resistencia a flexión en un 38,4% y para la densidad en un 55,6%, en comparación con la resistencia consultada en Revista Formas para la construcción y en la publicación de las Jornadas Forestales de Santiago del Estero. El valor del módulo de elasticidad es un 28,9% menor que el presentado por la Revista

Formas para la construcción y un 28,5% menor que el valor presentado por la publicación de las Jornadas Forestales de Santiago del Estero.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo y la colaboración de nuestros profesores y participantes del trabajo de investigación, los ingenieros Daniel Domingo Gutiérrez, Antonio Luis Muiños, Hugo Sebastián Desmedt y Horacio Casinelli.

## REFERENCIAS

*Instituto Argentino de Normalización – IRAM 2013. IRAM 9663 – Estructuras de Madera – Determinación de las propiedades físicas y mecánicas.*

*Instituto Argentino de Normalización – IRAM 2013. IRAM 9664 – Madera estructural – Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.*

*International Organization for Standardization – ISO 1975 – ISO 3130 - Determination of moisture content for physical and mechanical test.*

*International Organization for Standardization – ISO 1975 – ISO 3131 - Determination of density for physical and mechanical test.*

*Guillaumet, Alfredo A.; Filippetti María C.; Acuña Rello,*

*Luis; Piter, Juan C.(2014). Utilización de la madera de álamo en elementos estructurales. Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural. Montevideo, Uruguay.*

*Sánchez Acosta, Martín; Sepiarsky, Fernando. Tecnología de la madera de eucaliptos colorados: Propiedades-usos-posibilidades. I JORNADAS FORESTALES DE SANTIAGO DEL ESTERO - Junio 2005*

*Beale, Ignacio; Ortiz Efraín Clodoveo (2013). El Sector Forestal Argentino: EUCALIPTOS. Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial – Facultad de Ciencias Agrarias – UNCa N° 53*

*Formas para la construcción. 1.1.1.MADERA (2ª edición) N°3. Abril de 1983.*